

## Algunos elementos para entender los modelos epidemiológicos

Cifras y conceptos  
11 de junio de 2020<sup>1</sup>

No existe ningún modelo ni instrumento científico que pueda predecir de manera exacta lo que sucederá con el comportamiento de los seres humanos y sus distintas interacciones. Se pueden hacer y de hecho se realizan ejercicios de pronóstico, en los que de entrada se reconoce la existencia de incertidumbre y las posibilidades de error.

Los modelos epidemiológicos son uno de estos ejercicios en los que se intentan establecer comportamientos posibles de algunas enfermedades. Para funcionar necesitan supuestos teóricos y conceptuales, el conocimiento de los elementos centrales de las patologías y sus impactos en los seres humanos, así como información sobre el comportamiento social de las personas. Ante una nueva enfermedad, los modelos epidemiológicos deben recurrir a los conceptos y parámetros teóricos previos, pues, como es natural, al principio no hay datos sobre la nueva epidemia.

En el caso del Covid-19, las estimaciones iniciales se hicieron asumiendo comportamientos típicos de enfermedades respiratorias, incluyendo los de anteriores coronavirus, y con los datos disponibles de China y del crucero Diamond Princess. Ante la total incertidumbre sobre lo que podría pasar, estos modelos brindaron algunas señales que sirvieron como insumo de las políticas públicas. Hoy contamos con un mayor entendimiento de la enfermedad y más datos: en el mundo ya se han realizado 40 millones de pruebas y se han documentado más de 400 mil muertes relacionadas con el virus.

### 1. ¿Qué es un modelo epidemiológico?

Los modelos epidemiológicos simulan la propagación de las enfermedades infecciosas y estiman el número de contagiados y de muertos que habría en **diferentes escenarios hipotéticos**. Para eso necesitan entender las tendencias de los casos de contagio de la enfermedad a través del tiempo y construir unas funciones matemáticas que expliquen ese comportamiento. Una vez se conocen la trayectoria y la velocidad de la transmisión de la enfermedad, se puede estimar las mismas hacia el futuro e introducir diferentes escenarios para pronosticar qué podría pasar en cada uno: sin intervención, con ciertas medidas, con otras medidas. Los modelos son dinámicos: se van ajustando con nuevos datos y nueva información. Hay modelos que generan proyecciones y tendencias de largo plazo y otros que hacen estimaciones de corto plazo (días o semanas). Estos últimos se ajustan a los datos de la trayectoria observada.

Los modelos dividen a la población en grupos según los posibles estados epidemiológicos (por ejemplo: susceptibles, infectados y recuperados). A través de su formulación matemática los modelos permiten estimar cómo las personas pasan entre los distintos grupos: de susceptibles a infectados, de infectados moderados a infectados críticos, de infectados a recuperados o a muertos, etc.

<sup>1</sup> César Caballero, Helena Hernández, Miguel Ángel León y Eduardo Freire.

## a. Supuestos

Los modelos se construyen bajo unos supuestos y asumen algunas cosas para simplificar la realidad y hacer los cálculos. Los supuestos no necesariamente se cumplen. En general en los modelos de covid-19 se tienen los siguientes supuestos:

- Todos los individuos se comportan igual (mismos hábitos)
- La probabilidad de ser susceptible a ser infectado es igual para todos
- Todos los individuos se relacionan con otros de forma aleatoria

## b. Parámetros

A los modelos se les introducen parámetros que resumen características de la población. En estadística, generalmente, los parámetros no se conocen, por lo que se estiman a partir de una muestra. Los parámetros de los modelos epidemiológicos están relacionados con información demográfica, biológica y de hábitos, como el tiempo que pasa entre la exposición al virus y la aparición de síntomas, la proporción de personas que circulan libremente en la población, el número de contactos de una persona por día, la probabilidad de contagio por cada contacto, la probabilidad de recuperación, el tiempo promedio antes de recuperarse, entre otros.

Los parámetros se pueden establecer a partir de artículos académicos, con criterio de expertos o estimarse con datos empíricos. La cercanía de los resultados del modelo a la realidad depende de qué tan precisos son los parámetros y la información que los alimenta. "Los pronósticos de estos modelos no pueden ser más confiables que los números que se les suministran" (Collier, 2020).

Un parámetro importante es el  $R_0$  (número básico de reproducción), que indica en promedio a cuántas personas puede infectar un contagiado. Determina qué tan grande puede llegar a ser una epidemia. El  $R_0$  depende de tres elementos básicos:

- La tasa de contactos
- La probabilidad de infección después de un contacto
- La duración del periodo infeccioso

Uno de los objetivos principales de las medidas es disminuir alguno de esos parámetros para reducir el  $R_0$  y controlar la epidemia. La calibración adecuada del  $R_0$  es un elemento central de todos los modelos.

## c. Datos

Al inicio de la propagación del virus en un lugar no hay datos locales para estimar los parámetros, por lo que se usa información académica o de otros lugares. Después de un tiempo, los modelos pueden incorporar los datos observados para estimar los parámetros. Sin embargo, ellos dependen del volumen de pruebas que se hacen y de los errores de las pruebas (falsos negativos), por lo que los modelos se ven afectados por las imprecisiones de los datos.

Los modelos iniciales de Bogotá y de Colombia establecieron los parámetros con base en criterio de experto médico e información de artículos académicos; no a partir de los datos reales, observados. La información encontrada en otros lugares o los consensos de los expertos no necesariamente corresponden con el país. Algunos parámetros del modelo, como la tasa de contactos diarios de una persona, se calcula con base en datos de encuestas previas de cada ciudad.

#### d. Crecimiento exponencial

La propagación de las epidemias tiene un crecimiento exponencial. Cuando el  $R_0$  es 2, por ejemplo, cada persona contagia a dos y esas dos contagian a cuatro y así sucesivamente, por lo que el número de casos se duplica a un ritmo más o menos constante, lo que genera que de pocos casos al inicio se pasen a miles en un tiempo corto. El comportamiento exponencial de las epidemias hace que en los modelos cualquier cambio en los parámetros sea muy sensible y lleve a resultados muy distintos.

## 2. El uso de los modelos en Colombia: Nacional (INS) y Bogotá

La alcaldía de Bogotá y el Instituto Nacional de Salud (INS) construyeron modelos epidemiológicos para pronosticar el comportamiento del covid-19. Los dos modelos utilizan datos globales y regionales de la pandemia, información de artículos científicos y criterios de expertos. En el modelo de Bogotá se evalúan tres escenarios: el primero simula la transmisión si no se toma ninguna medida, el segundo si el distanciamiento social es del 40% y el tercero si es del 60%.

El modelo del INS también se corrió para distintos escenarios y con diferentes porcentajes de asintomáticos (pues hay incertidumbre sobre este parámetro). Los escenarios de este modelo fueron no hacer nada, tomar medidas que conduzcan a un  $R$  efectivo de 1,2 o un  $R$  efectivo de 1.

#### a. Los escenarios y la realidad

##### Modelo de Bogotá

En el siguiente cuadro se comparan las cifras de fallecidos hasta el 7 de junio de 2020 por el covid-19 en Bogotá con los pronósticos del modelo de la Alcaldía de Bogotá para esa misma fecha en el escenario 3, que se espera sea el más cercano a la realidad por las medidas aún vigentes. No se comparan las cifras de contagiados por el subregistro en los datos observados por el límite de las pruebas.

Pronóstico de fallecidos modelo de la Alcaldía de Bogotá escenario 3 (distanciamiento social del 60%) al 7 de junio	436 fallecidos
Datos observados: Fallecidos hasta el 7 de junio en Bogotá	=

Fuente: Proyecciones modelo Alcaldía de Bogotá y base de datos Casos positivos de COVID-19 en Colombia INS

##### Modelo del INS para Colombia

En el siguiente cuadro se comparan las cifras de fallecidos hasta el 26 de abril por el covid-19 en Colombia con los pronósticos de fallecidos en Colombia según el modelo del INS para esa misma fecha (en la que se acababa la cuarentena y para la que están los pronósticos del modelo) en el escenario de un  $R$  efectivo de 1.2 para distintos porcentajes de asintomáticos.

Pronóstico de fallecidos modelo del INS si los asintomáticos son el 11,1% en el escenario de R efectivo de 1.2	64 fallecidos (IC95% 9- 282)
Pronóstico de fallecidos modelo del INS si los asintomáticos son el 50% en el escenario de R efectivo de 1.2	180 fallecidos (IC95% 14- 989)
Pronóstico de fallecidos modelo del INS si los asintomáticos son el 80% en el escenario de R efectivo de 1.2	180 fallecidos (IC95% 14- 989)
Datos observados: Fallecidos hasta el 26 de abril en Colombia	285 fallecidos

Fuente: Modelo de transmisión de coronavirus Covid-19 - Escenarios para Colombia - Versión 5 y base de datos Casos positivos de COVID-19 en Colombia INS.

En los escenarios sin intervención, los modelos ignoran que las personas modifican su comportamiento para reducir el riesgo de contagio (lavado de manos, tapabocas, distancia física) sin necesidad de una política, por lo que pueden sobreestimar los casos, pues asumen que el comportamiento seguirá igual.

Evaluar si los modelos usados son acertados es muy complicado:

- (i) No sabemos en qué escenario estamos en la realidad. Es muy difícil saber el cumplimiento de las medidas y el porcentaje de distanciamiento social.
- (ii) No sabemos qué hubiera pasado si no se hubieran tomado las medidas (contrafactual). Aproximarse a esto requiere de estudios académicos rigurosos de inferencia causal.
- (iii) No tiene sentido comparar los datos observados después de haber tomado medidas con los pronósticos de los escenarios sin intervención. Precisamente, las medidas se tomaron para no llegar a ese escenario.

Como los modelos epidemiológicos tienen límites, no pueden ser el único instrumento que se use para tomar decisiones de políticas públicas. Deben ser un insumo, pero no el único: "Cuando nos enfrentamos a eventos como este, todos los modelos estarán equivocados. Tienen sus usos, pero la lección es pensar más allá de los modelos, no solo dentro de ellos" (Collier, 2020).

Los modelos deberían usarse para identificar cuáles son los datos y variables clave que no conocemos (y su ubicación) que se requieren para saber cómo se comporta el virus. Así, mostrarían en qué debería enfocarse la recopilación de datos y resaltarían la importancia de hacer pruebas masivas o muestreo selectivo, sustentado en la detección de densidades diferenciales de la pandemia, según ubicación. Además, el análisis de distintos modelos permitirá llegar a algunos consensos sobre la dinámica del virus y las estrategias para enfrentarlo.

Por ejemplo, la densidad poblacional de Bogotá es de 21.526 habitantes por kilómetro cuadrado, una de las cifras más altas en el mundo. Pero a su interior Las UPZ con mayor densidad poblacional son Patio Bonito (en Kennedy), San Francisco (en Ciudad Bolívar) y Gran Britalia (Kennedy) (Alcaldía de Bogotá, 2018)

El modelo inicial de Bogotá reconoce sus límites y alcances: “Los resultados aquí presentados se ven como simulaciones de un escenario hipotético y no como un pronóstico de lo que va a suceder” (p.11). “Si bien este modelo es **conceptualmente** adecuado para explicar la dinámica de la transmisión de una enfermedad como el coronavirus, la incertidumbre de diversos parámetros sensibles y la falta de una estructura de grupos de edad hacen de este modelo una herramienta para la evaluación cualitativa de las acciones de intervención en escenarios hipotéticos mas **no como un modelo para pronosticar la cantidad de casos futuros**” (p.14).

Es necesario reconocer los límites y fortalezas de los modelos para que su uso en la política pública sea adecuado. Ningún modelo, por más sofisticado que sea, en Colombia o en cualquier país, pronostica con total exactitud el futuro. Reconocer sus alcances permitirá identificar cuáles son los usos que tiene sentido darle y cuáles no.

## Referencias

Collier, P. (Abril 24 de 2020). The problem of modelling. Public policy and the coronavirus en Times Literacy Supplement. Disponible <https://www.the-tls.co.uk/articles/problem-modelling-public-policy-coronavirus-paul-collier/>

Modelo de Bogotá: Mejía, J.D. (4 de abril de 2020). Modelación Matemática de la Propagación del SARS-CoV-2 en la Ciudad de Bogotá Segunda Versión. Recuperado de: [http://saludata.saludcapital.gov.co/osb/wp-content/uploads/2020/04/Ficha\\_Metodologica.pdf](http://saludata.saludcapital.gov.co/osb/wp-content/uploads/2020/04/Ficha_Metodologica.pdf)

Instituto Nacional de Salud. (22 de abril de 2020). Modelo de transmisión de coronavirus Covid-19. Escenarios para Colombia. Versión 5. Recuperado de [https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/SiteAssets/Modelo%20COVID-19%20Colombia%20INS\\_v5.pdf](https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/SiteAssets/Modelo%20COVID-19%20Colombia%20INS_v5.pdf)

Alcaldía de Bogotá. (2018). Análisis demográfico y proyecciones poblacionales de Bogotá. Disponible en [http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/demografia\\_proyecciones\\_2017\\_0.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/demografia_proyecciones_2017_0.pdf)

